

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2553395 C2

⑤1 Int. Cl. 4:
G 02 B 13/04

②1 Aktenzeichen: P 25 53 395.3-51
②2 Anmeldetag: 27. 11. 75
④3 Offenlegungstag: 12. 8. 76
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 10. 86

DE 2553395 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
27.11.74 JP 136922-74

⑦3 Patentinhaber:
Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Luyken, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:
Yamashita, Nobuo, Tama, Tokio/Tokyo, JP; Imai,
Toshihiro, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP

⑤6 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:
US 35 76 358
US 29 33 018
Soviet Journal of Optical Technology 1974,
S. 463-466;

⑤4 Endoskopobjektiv

DE 2553395 C2

COPY

Patentansprüche:

1. Objektiv, enthaltend eine Frontlinsengruppe mit negativer Brechkraft, die aus einer plankonkaven oder einer gegenstandsseitig konvexen, meniskusförmigen, negativen Linse besteht, und eine hintere Linsengruppe, die aus einem positiven Linsenglied und einem Kittglied aus einer positiven Linse und einer negativen Linse besteht, wobei die Kittfläche des positiven Kittglieds negative Brechkraft besitzt und das Objektiv die Bedingungen

$$|r_0| > |r'_0| \quad (1)$$

$$0,8 \leq m \leq 2,5 \quad (2)$$

$$0,3 \leq f / |r_0| \leq 1,5 \quad (4)$$

erfüllt, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv als Endoskopobjektiv vom Typ umgekehrter Teleobjektive eine Blende in der Nähe der hinteren Linsengruppe aufweist, mit der u. a. ein annähernd senkrechter Strahleneinfall auf die Endfläche eines bildübertragenden Faserbündels sichergestellt ist und das Objektiv die Bedingung

$$0,3 \leq |f \{1/f_1 + (n_0 - 1) / r_0\}| \leq 1,2 \quad (3)$$

erfüllt.

2. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Prisma zwischen Frontlinsen- und Hintertlinsengruppe und die nachstehend in der Tabelle 1 aufgeführten Daten:

Tabelle 1

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,37$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| $r_2 = 0,641$ | $d_2 = 0,21$ | | |
| $r_3 = \infty$ | $d_3 = 1,60$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ |
| $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,50$ | | |
| $r_5 = \infty$ | $d_5 = 0,53$ | $n_3 = 1,69680$ | $v_3 = 55,62$ |
| $r_6 = -1,559$ | $d_6 = 0,11$ | | |
| $r_7 = 3,155$ | $d_7 = 0,80$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ |
| $r_8 = -1,084$ | $d_8 = 0,27$ | $n_5 = 1,78472$ | $v_5 = 25,71$ |
| $r_9 = 3,226$ | $f = 1$ | | |

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

3. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die nachstehend in der Tabelle 2 aufgeführten Daten:

Tabelle 2

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,37$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| $r_2 = 1,13$ | $d_2 = 0,36$ | | |
| $r_3 = -2,294$ | $d_3 = 0,60$ | $n_2 = 1,757$ | $v_2 = 47,87$ |
| $r_4 = -0,816$ | $d_4 = 0,20$ | | |

Fortsetzung

| | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|---|
| $r_5 = \infty$ | $d_5 = 0,35$ | $n_3 = 1,84666$ | $v_3 = 23,88$ | |
| $r_6 = 1,13$ | $d_6 = 0,61$ | $n_4 = 1,788$ | $v_4 = 47,49$ | 5 |
| $r_7 = -1,564$ | $f = 1$ | | | |

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

4. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zwei Prismen zwischen Frontlinsengruppe und Hinterlinsengruppe durch die nachstehend in der Tabelle 3 aufgeführten Daten:

Tabelle 3

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|----|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,199$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,1$ | |
| $r_2 = 0,924$ | $d_2 = 0,266$ | | | 25 |
| $r_3 = \infty$ | $d_3 = 1,594$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,9$ | |
| $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,066$ | | | 30 |
| $r_5 = \infty$ | $d_5 = 1,461$ | $n_3 = 1,8061$ | $v_3 = 40,9$ | |
| $r_6 = \infty$ | $d_6 = 0,946$ | | | 35 |
| $r_7 = \infty$ | $d_7 = 0,664$ | $n_4 = 1,6968$ | $v_4 = 55,5$ | |
| $r_8 = -2,716$ | $d_8 = 0,133$ | | | 40 |
| $r_9 = 2,59$ | $d_9 = 0,996$ | $n_5 = 1,62041$ | $v_5 = 60,3$ | |
| $r_{10} = -1,454$ | $d_{10} = 0,332$ | $n_6 = 1,78472$ | $v_6 = 25,7$ | |
| $r_{11} = -4,343$ | $f = 1$ | | | 45 |

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

5. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Prisma zwischen Frontlinsengruppe und Hinterlinsengruppe und durch die nachstehend in der Tabelle 4 aufgeführten Daten:

Tabelle 4

| | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,66$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | |
| $r_2 = 1,126$ | $d_2 = 0,46$ | | | 60 |
| $r_3 = \infty$ | $d_3 = 4,04$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ | |
| $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,60$ | | | 65 |
| $r_5 = -4,989$ | $d_5 = 0,77$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,52$ | |

Fortsetzung

$r_6 = -2,125$

$d_6 = 0,17$

$r_7 = 2,066$

$d_7 = 1,17$

$n_4 = 1,62041$

$v_4 = 60,27$

$r_8 = -1,6$

$d_8 = 0,37$

$n_5 = 1,84666$

$v_5 = 23,88$

$r_9 = -5,707$

$f = 1$

darin bezeichnen:

 $r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

6. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Prisma zwischen Frontlinsengruppe und Hinterlinsengruppe und durch die nachstehend in der Tabelle 5 aufgeführten Daten:

Tabelle 5

$r_1 = \infty$

$d_1 = 0,52$

$n_1 = 1,51633$

$v_1 = 64,15$

$r_2 = 0,930$

$d_2 = 0,22$

$r_3 = \infty$

$d_3 = 3,13$

$n_2 = 1,83481$

$v_2 = 42,82$

$r_4 = \infty$

$d_4 = 0,96$

$r_5 = 137,877$

$d_5 = 0,74$

$n_3 = 1,69680$

$v_3 = 55,62$

$r_6 = -2,505$

$d_6 = 0,15$

$r_7 = 2,505$

$d_7 = 1,11$

$n_4 = 1,62041$

$v_4 = 60,27$

$r_8 = -1,419$

$d_8 = 0,37$

$n_5 = 1,78472$

$v_5 = 25,71$

$r_9 = -5,122$

$f = 1$

darin bezeichnen:

 $r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

7. Endoskopobjekt nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die nachstehend in der Tabelle 6 aufgeführten Daten:

Tabelle 6

$r_1 = 13,908$

$d_1 = 0,32$

$n_1 = 1,51633$

$v_1 = 64,15$

$r_2 = 2,111$

$d_2 = 0,92$

$r_3 = -1,366$

$d_3 = 0,69$

$n_2 = 1,757$

$v_2 = 47,87$

$r_4 = -1,042$

$d_4 = 0,09$

$r_5 = 3,688$

$d_5 = 0,32$

$n_3 = 1,84666$

$v_3 = 23,88$

$r_6 = -0,883$

$d_6 = 0,78$

$n_4 = 1,788$

$v_4 = 47,49$

$r_7 = -1,831$

$f = 1$

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

5

8. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Prisma zwischen der zerstreuen Frontlinsengruppe und der sammelnden Hinterlinsengruppe und durch die nachstehend in der Tabelle 7 aufgeführten Daten:

10

Tabelle 7

| | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = \infty$ | | | | 15 |
| $r_2 = 1,040$ | $d_1 = 0,28$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | |
| $r_3 = \infty$ | $d_2 = 0,37$ | | | |
| $r_4 = \infty$ | $d_3 = 3,33$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ | 20 |
| $r_5 = -60,625$ | $d_4 = 0,79$ | | | |
| $r_6 = -2,543$ | $d_5 = 0,46$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,62$ | 25 |
| $r_7 = 2,964$ | $d_6 = 0,09$ | | | |
| $r_8 = -1,419$ | $d_7 = 0,74$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ | |
| $r_9 = -3,043$ | $d_8 = 0,23$ | $n_5 = 1,84666$ | $v_5 = 23,88$ | 30 |
| | $f = 1$ | | | |

darin bezeichnen:

35

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

40

9. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Gegenstandsseite der sammelnden Hinterlinsengruppe eine weitere positive Linse als Bestandteil der Hinterlinsengruppe angeordnet ist.

10. Endoskopobjektiv nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch die nachstehend in der Tabelle 8 aufgeführten Daten:

45

Tabelle 8

| | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = 2,763$ | | | | 50 |
| $r_2 = 0,580$ | $d_1 = 0,28$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | |
| $r_3 = -2,817$ | $d_2 = 1,18$ | | | |
| $r_4 = -1,430$ | $d_3 = 0,48$ | $n_2 = 1,6968$ | $v_2 = 55,52$ | 55 |
| $r_5 = 7,885$ | $d_4 = 0,60$ | | | |
| $r_6 = -2,338$ | $d_5 = 0,48$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,52$ | 60 |
| $r_7 = 3,122$ | $d_6 = 0,08$ | | | |
| $r_8 = -1,136$ | $d_7 = 0,80$ | $n_4 = 1,6968$ | $v_4 = 55,52$ | |
| $r_9 = 17,369$ | $d_8 = 0,28$ | $n_5 = 1,78472$ | $v_5 = 25,71$ | 65 |
| | $f = 1$ | | | |

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

11. Endoskopobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Bildseite der sammelnden Hinterlinsengruppe eine negative Meniskuslinse zusätzlich als Bestandteil der Hinterlinsengruppe vorgesehen ist.

12. Endoskopobjektiv nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch ein Prisma zwischen Frontlinsengruppe und Hinterlinsengruppe und die nachstehend in der Tabelle 9 aufgeführten Daten:

Tabelle 9

| | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,28$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| $r_2 = 0,891$ | $d_2 = 0,42$ | | |
| $r_3 = \infty$ | $d_3 = 3,20$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ |
| $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,62$ | | |
| $r_5 = -24,504$ | $d_5 = 0,46$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,62$ |
| $r_6 = -2,315$ | $d_6 = 0,09$ | | |
| $r_7 = 1,952$ | $d_7 = 0,74$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ |
| $r_8 = -1,745$ | $d_8 = 0,23$ | $n_1 = 1,78472$ | $v_3 = 25,71$ |
| $r_9 = -4,107$ | $d_9 = 0,70$ | | |
| $r_{10} = -1,804$ | $d_{10} = 0,23$ | $n_6 = 1,84666$ | $v_6 = 23,88$ |
| $r_{11} = -3,097$ | $f = 1$ | | |

darin bezeichnen:

$r_1, r_2 \dots$ die Krümmungsradien
 $d_1, d_2 \dots$ die Dicken bzw. Luftabstände
 $n_1, n_2 \dots$ die Brechungsindizes, und
 $v_1, v_2 \dots$ die Abbe-Zahlen.

1. Die Erfindung bezieht sich auf ein Objektiv, enthaltend eine Frontlinsengruppe mit negativer Brechkraft, die aus einer plankonkaven oder einer gegenstandsseitig konvexen, meniskusförmigen, negativen Linse besteht, und eine hintere Linsengruppe, die aus einem positiven Linsenglied und einem Kittglied aus einer positiven Linse und einer negativen Linse besteht, wobei die Kittfläche des positiven Kittglieds negative Brechkraft besitzt, und das Objektiv die Bedingungen

$$|r_0| > |r'_0| \quad (1)$$

$$0,8 \leq m \leq 2,5 \quad (2)$$

$$0,3 \leq f / |r_a| \leq 1,5 \quad (4)$$

erfüllt.

Aus der US-PS 29 33 018 ist ein Objektiv dieses Aufbaus bekannt, das für Zwecke der Fotografie und der Projektion vorgesehen ist.

Bei Endoskopobjektiven tritt das Problem auf, daß von den auf den bildübertragenden Lichtleiter auftreffenden Strahlen diejenigen, die einen großen Einfallswinkel besitzen, das andere Ende des bildübertragenden Lichtleiters aufgrund der Dämpfung nicht erreichen.

Um Dämpfung der auftreffenden Strahlen auf ein Minimum herabzusetzen, ist es daher nötig, die auftreffenden

den Strahlen so parallel wie möglich zu machen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gut korrigiertes Endoskopobjektiv vom Typ umgekehrter Teleobjektive zu schaffen, mit dem ein möglichst senkrechter Auftreffwinkel auf den bildübertragenden Lichtleiter gewährleistet ist.

Dies wird erfindungsgemäß erreicht durch einen Aufbau des Objektivs nach dem Kennzeichen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die zerstreue Frontlinsengruppe des Objektivs nach der vorliegenden Erfindung besteht aus einer negativen Meniskuslinse, welche gegenstandsseitig eine ebene oder konvexe Oberfläche besitzt, die auch als Deckglas dient, während die sammelnde hintere Linsengruppe in ihrer Standardausbildung eine positive Linse und ein positives Kittglied enthält. Weiterhin ist die Blende in der Nähe der vordersten Linsenfläche der hinteren Linsengruppe angeordnet, so daß die Strahlen so senkrecht wie möglich auf die Endfläche des Bildfaserbündels fallen, um bei großen Bildwinkeln einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen. Bei den Objektiven vom Typ umgekehrter Teleobjektive – im englischsprachigen Schrifttum als Retrofokustyp-Objektive bezeichnet – werden sphärische Aberration und chromatische Queraberration verstärkt, obwohl die Bildfeldkrümmung über ein großes Bildfeld gut korrigiert werden kann. Nach der vorliegenden Erfindung ist die gegenstandsseitige positive Linse der hinteren Linsengruppe – im folgenden kurz Hinterlinsengruppe genannt – so ausgebildet, daß der Absolutwert des Krümmungsradius ihrer gegenstandsseitigen Oberfläche größer ist als der der bildseitigen Oberfläche, wie es in der nachstehend aufgeführten Bedingung (1) zum Ausdruck kommt. In Kombination mit dem positiven Kittglied in der sammelnden Hinterlinsengruppe dient diese gegenstandsseitige positive Linse zur günstigen Korrektur von sphärischer Aberration und chromatischer Queraberration.

Bei der Entwicklung der erfindungsgemäßen Objektive hat sich die Einhaltung der folgenden Bedingungen als zweckmäßig erwiesen:

$$|r_0| > |r'_0| \quad (1) \quad 25$$

$$0,8 \leq m \leq 2,5 \quad (2) \quad 25$$

$$0,3 \leq \left| f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} \right| \leq 1,2 \quad (3) \quad 30$$

$$0,3 \leq f \frac{1}{|r_a|} \leq 1,5 \quad (4) \quad 30$$

darin bezeichnen: 35

m das Verhältnis der Brennweite der sammelnden Hinterlinsengruppe zur Brennweite des Objektivs,

f die Brennweite des Objektivs,

f_1 die Brennweite der Frontlinsengruppe,

n_0 den Brechungsindex der positiven Linse in der Hinterlinsengruppe,

r_0 bzw. r'_0 die Krümmungsradien der vorderseitigen bzw. rückseitigen Oberfläche der positiven Linse in der Hinterlinsengruppe,

r_a den Krümmungsradius der Kittfläche des Kittglieds in der Hinterlinsengruppe.

Wenn das Verhältnis m den oberen Grenzwert der Bedingung (2) überschreitet, wird die Schnittweite der sammelnden Hinterlinsengruppe im Verhältnis zur Brennweite größer, so daß unvermeidlich die Gesamtlänge des Objektivs größer wird. Ein derartiges Objektiv ist für Endoskope unerwünscht, da es dem Patienten bei der Einführung Schmerzen verursacht. Wenn m kleiner als der untere Grenzwert der Bedingung (2), d. h. wenn die Brennweite der sammelnden Hinterlinsengruppe kleiner ist, während die Höhe der einfallenden Strahlen an der sammelnden Hinterlinsengruppe konstant gehalten wird, wird der Einfallswinkel an der sammelnden Hinterlinsengruppe groß und die Bildfeldkrümmung wird so groß, daß das Objektiv unbrauchbar für Endoskope wird.

Die Bedingungen (3) und (4) sind notwendig, um Koma gleichzeitig bei günstiger Korrektur der meridionalen Bildfeldkrümmung zu verbessern.

Zur Korrektur der außeraxialen sphärischen Aberration ist die Bedingung (3) am wirksamsten für die unteren Strahlen, dann für den Hauptstrahl und am wenigsten wirksam für die oberen Strahlen. Die Bedingung (4) ist im Gegensatz dazu besonders wirksam für die oberen Strahlen, dann für den Hauptstrahl und am wenigsten wirksam für den unteren Strahl bei der Korrektur der außeraxialen sphärischen Aberration. Wenn die Werte für die Terme

$$\left| f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} \right| \text{ und } f \frac{1}{|r_a|} \quad 60$$

die oberen Grenzwerte der Bedingungen (3) und (4) überschreiten, ist es unmöglich, Koma günstig zu beeinflussen, obwohl Astigmatismus korrigiert werden kann. Genauer gesagt, wenn

$$\left| f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} \right| \quad 65$$

den oberen Grenzwert der Bedingung (3) überschreitet, wird die außeraxiale sphärische Aberration der unteren Strahlen überkorrigiert und die der oberen Strahlen unterkorrigiert.

Wenn

$$f \frac{1}{|r_u|}$$

den oberen Grenzwert der Bedingung (4) überschreitet, wird andererseits die außeraxiale sphärische Aberration der unteren Strahlen unterkorrigiert und die der oberen Strahlen überkorrigiert.

10 Wenn

$$\left| f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} \right| \text{ und } f \frac{1}{|r_u|}$$

15 unter den unteren Grenzwerten der Bedingungen (3) und (4) liegen, wird der meridionale Astigmatismus unterkorrigiert.

Wenn einer der Termwerte

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} \text{ oder } f \frac{1}{|r_u|}$$

unter dem unteren Grenzwert der Bedingung (3) oder (4) ist, kann der meridionale Astigmatismus korrigiert werden durch Vergrößerung des anderen Termwerts auf einen Wert nahe dem oberen Grenzwert der anderen Bedingung. Eine solche Maßnahme verursacht Koma und macht das Objektiv unbrauchbar für Endoskope.

25 Um bestimmte Bildfelder weiter gut zu korrigieren, ohne den Grundaufbau des Endoskopobjektivs nach der vorliegenden Erfindung weitgehend zu ändern, ist es möglich, Varianten auszubilden, wie sie im folgenden näher beschrieben sind.

Als eine der Varianten ist es möglich, die sphärische Aberration weiter günstig zu korrigieren, indem zusätzlich als Bestandteil der Hinterlinsengruppe eine positive Linse vor der Hinterlinsengruppe des zuvor beschriebenen Grundaufbaus vorgesehen wird. Im Gegensatz dazu ist es auch möglich, die Korrektur der chromatischen Quera aberration dadurch zu erleichtern, daß als Bestandteil der Hinterlinsengruppe eine negative Linse an der Rückseite der sammelnden Hinterlinsengruppe vorgesehen wird.

Weiterhin ermöglicht es das Endoskopobjektiv nach der vorliegenden Erfindung, den Luftabstand zwischen der Frontlinsengruppe und der Hinterlinsengruppe durch Bewegung der Hinterlinsengruppe relativ zur Frontlinsengruppe ohne Verschiebung des ganzen Objektivs zu verändern. Da dies keine Bewegung der Frontlinsengruppe zur Veränderung des Luftabstandes erfordert, wird es dadurch möglich, die Frontlinsengruppe als Deckglas zu verwenden, und es bietet sich dadurch der Vorteil kleinbemessener Vorderenden bei Endoskopen. Bei den oben beschriebenen Varianten kann das Objektiv in einfacher Weise durch Bewegung der positiven oder negativen Linse, welche zusätzlich vor oder hinter der Hinterlinsengruppe angeordnet ist, fokussiert werden. 40 Zusätzlich bietet dies weitere Vorteile, da es nmöglich wird, das Objektiv auf Objekte in kürzeren Entfernungen zu fokussieren und den für die Fokussierung des Objektivs erforderlichen Bewegungsspielraum zu verkürzen.

Die Erfindung wird nun anhand von erfindungsgemäßen Endoskopobjektiven unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 bis 9 Schnittbilder von Endoskopobjektiven nach der vorliegenden Erfindung,

45 Fig. 10A bis 10E Korrekturkurven des Objektivs 1,

Fig. 11A bis 11E Korrekturkurven des Objektivs 2,

Fig. 12A bis 12E Korrekturkurven des Objektivs 3,

Fig. 13A bis 13E Korrekturkurven des Objektivs 4,

Fig. 14A bis 14E Korrekturkurven des Objektivs 5,

50 Fig. 15A bis 15E Korrekturkurven des Objektivs 6,

Fig. 16A bis 16E Korrekturkurven des Objektivs 7,

Fig. 17A bis 17E Korrekturkurven des Objektivs 8,

Fig. 18A bis 18E Korrekturkurven des Objektivs 9.

Das Objektiv 1 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführten Daten:

55

Tabelle 1

| | | | | |
|----|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 60 | $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,37$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| | $r_2 = 0,641$ | $d_2 = 0,21$ | | |
| | $r_3 = \infty$ | $d_3 = 1,60$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ |
| 65 | $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,50$ | | |
| | $r_5 = \infty$ | $d_5 = 0,53$ | $n_3 = 1,69680$ | $v_3 = 55,62$ |

Fortsetzung

$r_6 = -1,559$

$d_6 = 0,11$

$r_7 = 3,155$

$d_7 = 0,80$

$n_4 = 1,62041$

$v_4 = 60,27$

$r_8 = -1,084$

$d_8 = 0,27$

$n_5 = 1,78472$

$v_5 = 25,71$

$r_9 = 3,226$

$f = 1, \quad m = 1,485, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,922$

$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,806$

Das Objektiv 2 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführten Daten:

Tabelle 2

$r_1 = \infty$

$d_1 = 0,37$

$n_1 = 1,51633$

$v_1 = 64,15$

$r_2 = 1,13$

$d_2 = 0,36$

$r_3 = -2,294$

$d_3 = 0,60$

$n_2 = 1,757$

$v_2 = 47,87$

$r_4 = -0,816$

$d_4 = 0,20$

$r_5 = \infty$

$d_5 = 0,35$

$n_3 = 1,84666$

$v_3 = 23,88$

$r_6 = 1,13$

$d_6 = 0,61$

$n_4 = 1,788$

$v_4 = 47,49$

$r_7 = -1,564$

$f = 1, \quad m = 1,03, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,883$

$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,789$

Das Objektiv 3 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgeführten Daten:

Tabelle 3

$r_1 = \infty$

$d_1 = 0,199$

$n_1 = 1,51633$

$v_1 = 64,1$

$r_2 = 0,924$

$d_2 = 0,266$

$r_3 = \infty$

$d_3 = 1,594$

$n_2 = 1,8061$

$v_2 = 40,9$

$r_4 = \infty$

$d_4 = 0,066$

$r_5 = \infty$

$d_5 = 1,461$

$n_3 = 1,8061$

$v_3 = 40,9$

$r_6 = \infty$

$d_6 = 0,946$

$r_7 = \infty$

$d_7 = 0,664$

$n_4 = 1,6968$

$v_4 = 55,5$

$r_8 = -2,716$

$d_8 = 0,133$

$r_9 = 2,59$

$d_9 = 0,996$

$n_5 = 1,62041$

$v_5 = 60,3$

$r_{10} = -1,454$

$d_{10} = 0,332$

$n_6 = 1,78472$

$v_6 = 25,7$

$r_{11} = -4,343$

Fortsetzung

$$f = 1, \quad m = 1,926, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,688$$

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,559$$

Das Objektiv 4 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 4 aufgeführten Daten:

Tabelle 4

| | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| $r_1 = \infty$ | | | |
| $r_2 = 1,126$ | $d_1 = 0,66$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| $r_3 = \infty$ | $d_2 = 0,46$ | | |
| $r_4 = \infty$ | $d_3 = 4,04$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ |
| $r_5 = -4,989$ | $d_4 = 0,60$ | | |
| $r_6 = -2,125$ | $d_5 = 0,77$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,52$ |
| $r_7 = 2,066$ | $d_6 = 0,17$ | | |
| $r_8 = -1,6$ | $d_7 = 1,17$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ |
| $r_9 = -5,707$ | $d_8 = 0,37$ | $n_5 = 1,84666$ | $v_5 = 23,88$ |

$$f = 1, \quad m = 1,960, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,625$$

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,598$$

Das Objektiv 5 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführten Daten:

Tabelle 5

| | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| $r_1 = \infty$ | | | |
| $r_2 = 0,930$ | $d_1 = 0,52$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ |
| $r_3 = \infty$ | $d_2 = 0,22$ | | |
| $r_4 = \infty$ | $d_3 = 3,13$ | $n_2 = 1,83481$ | $v_2 = 42,82$ |
| $r_5 = 137,877$ | $d_4 = 0,96$ | | |
| $r_6 = -2,505$ | $d_5 = 0,74$ | $n_3 = 1,69680$ | $v_3 = 55,62$ |
| $r_7 = 2,505$ | $d_6 = 0,15$ | | |
| $r_8 = -1,419$ | $d_7 = 1,11$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ |
| $r_9 = -5,122$ | $d_8 = 0,37$ | $n_5 = 1,78472$ | $v_5 = 25,71$ |

$$f = 1, \quad m = 1,895, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,705$$

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,550$$

Das Objektiv 6 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 6 aufgeführten Daten:

Tabelle 6

| | | | | |
|----------------|---|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = 13,908$ | $d_1 = 0,32$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | 5 |
| $r_2 = 2,111$ | $d_2 = 0,92$ | | | |
| $r_3 = -1,366$ | $d_3 = 0,69$ | $n_2 = 1,757$ | $v_2 = 47,87$ | |
| $r_4 = -1,042$ | $d_4 = 0,09$ | | | 10 |
| $r_5 = 3,688$ | $d_5 = 0,32$ | $n_3 = 1,84666$ | $v_3 = 23,88$ | |
| $r_6 = -0,883$ | $d_6 = 0,78$ | $n_4 = 1,788$ | $v_4 = 47,49$ | 15 |
| $r_7 = -1,831$ | | | | |
| | $f = 1, \quad m = 1,116, \quad \frac{f}{ r_a } = 1,132$ | | | |
| | $f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,760$ | | | 20 |

Das Objektiv 7 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 7 aufgeführten Daten:

Tabelle 7

| | | | | |
|-----------------|---|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = \infty$ | $d_1 = 0,28$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | 25 |
| $r_2 = 1,040$ | $d_2 = 0,37$ | | | 30 |
| $r_3 = \infty$ | $d_3 = 3,33$ | $n_2 = 1,8061$ | $v_2 = 40,92$ | |
| $r_4 = \infty$ | $d_4 = 0,79$ | | | 35 |
| $r_5 = -60,625$ | $d_5 = 0,46$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,62$ | |
| $r_6 = -2,543$ | $d_6 = 0,09$ | | | 40 |
| $r_7 = 2,964$ | $d_7 = 0,74$ | $n_4 = 1,62041$ | $v_4 = 60,27$ | |
| $r_8 = -1,419$ | $d_8 = 0,23$ | $n_5 = 1,84666$ | $v_5 = 23,88$ | 45 |
| $r_9 = -3,043$ | | | | |
| | $f = 1, \quad m = 1,828, \quad \frac{f}{ r_a } = 0,705$ | | | |
| | $f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,508$ | | | 50 |

Das Objektiv 8 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 8 aufgeführten Daten:

Tabelle 8

| | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|----|
| $r_1 = 2,763$ | $d_1 = 0,28$ | $n_1 = 1,51633$ | $v_1 = 64,15$ | 55 |
| $r_2 = 0,580$ | $d_2 = 1,18$ | | | 60 |
| $r_3 = -2,817$ | $d_3 = 0,48$ | $n_2 = 1,6968$ | $v_2 = 55,52$ | |
| $r_4 = -1,430$ | $d_4 = 0,60$ | | | 65 |
| $r_5 = 7,885$ | $d_5 = 0,48$ | $n_3 = 1,6968$ | $v_3 = 55,52$ | |
| $r_6 = -2,338$ | $d_6 = 0,08$ | | | |

Fortsetzung

$$r_7 = 3,122$$

$$d_7 = 0,80$$

$$n_4 = 1,6968$$

$$v_4 = 55,52$$

$$r_8 = -1,136$$

$$d_8 = 0,28$$

$$n_5 = 1,78472$$

$$v_5 = 25,71$$

$$r_9 = 17,369$$

$$f = 1, \quad m = 1,390, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,881$$

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,920$$

Das Objektiv 9 besitzt die in der nachfolgenden Tabelle 9 aufgeführten Daten:

Tabelle 9

$$r_1 = \infty$$

$$d_1 = 0,28$$

$$n_1 = 1,51633$$

$$v_1 = 64,15$$

$$r_2 = 0,891$$

$$d_2 = 0,42$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 3,20$$

$$n_2 = 1,8061$$

$$v_2 = 40,92$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0,62$$

$$r_5 = -24,504$$

$$d_5 = 0,46$$

$$n_3 = 1,6968$$

$$v_3 = 55,62$$

$$r_6 = -2,315$$

$$d_6 = 0,09$$

$$r_7 = 1,952$$

$$d_7 = 0,74$$

$$n_4 = 1,62041$$

$$v_4 = 60,27$$

$$r_8 = -1,745$$

$$d_8 = 0,23$$

$$n_1 = 1,78472$$

$$v_5 = 25,71$$

$$r_9 = -4,107$$

$$d_9 = 0,70$$

$$r_{10} = -1,804$$

$$d_{10} = 0,23$$

$$n_6 = 1,84666$$

$$v_6 = 23,88$$

$$r_{11} = -3,097$$

$$f = 1, \quad m = 1,708, \quad \frac{f}{|r_a|} = 0,573$$

$$f \left\{ \frac{1}{f_1} + (n_0 - 1) \frac{1}{r_0} \right\} = -0,608$$

In den Tabellen 1 bis 9 bezeichnen

r_1 bis r_7 bzw. r_9 bzw. r_{11} die Krümmungsradien der Linsen,

d_1 bis d_6 bzw. d_8 bzw. d_{10} die Dicken der Linsen bzw. Luftabstände zwischen diesen,

n_1 bis n_5 bzw. n_6 die Brechungsindizes und

v_1 bis v_5 bzw. v_6 die Abbe-Zahlen.

Von den obenbeschriebenen Endoskopobjektiven betreffen die Objektive 1, 4, 5 und 7 Objektive für Endoskope mit seitlicher oder schräger Betrachtungsrichtung. Bei diesen Objektiven ist daher zwischen der zerstreuen Frontlinsengruppe und der sammelnden Hinterlinsengruppe ein Prisma angeordnet, und n_0 entspricht n_3 , r_0 entspricht r_5 und r'_0 entspricht r_6 sowie r_a entspricht r_8 . Bei den Objektiven 2 und 6 gilt folgendes: n_0 entspricht n_2 , r_0 entspricht r_3 , r'_0 entspricht r_4 und r_a entspricht r_6 . Das Objektiv 3 ist ein Objektiv, bei dem zwei Prismen zwischen der zerstreuen Frontlinsengruppe und der sammelnden Hinterlinsengruppe angeordnet sind, wodurch sich folgendes ergibt: n_0 entspricht n_4 , r_0 entspricht r_7 , r'_0 entspricht r_8 und r_a entspricht r_{10} . Das Objektiv 8 ist ein Objektiv, bei dem eine positive Linse zusätzlich als Bestandteil der Hinterlinsengruppe an deren Gegenstandsseite vorgesehen ist und hierfür ergibt sich folgendes: n_0 entspricht n_2 , r_0 entspricht r_3 , r'_0 entspricht r_4 und r_a entspricht r_8 .

Schließlich ist das Objektiv 9 ein Objektiv, bei dem eine negative Linse zusätzlich als Bestandteil der sammelnden Hinterlinsengruppe auf deren Bildseite angeordnet ist und bei dem weiter zwischen der zerstreuen Frontlinsengruppe und der sammelnden Hinterlinsengruppe ein Prisma vorgesehen ist. Bei diesem Objektiv gilt daher folgendes:

n_0 entspricht n_3 , r_0 entspricht r_5 , r'_0 entspricht r_6 und r_a entspricht r_8 .

Die Korrekturkurven der Objektive sind in den Fig. 10A bis 18E dargestellt.

Aus der Beschreibung ergibt sich, daß das Endoskopobjektiv nach der vorliegenden Erfindung vom Typ umgekehrter Teleobjektive es möglich macht, einen kleinen Einfallswinkel auf den Faserlichtleiter zu erzielen, während die konkave Frontlinse ein großes Bildfeld erfaßt. Weiterhin gestattet es das Objektiv nach der vorliegenden Erfindung, eine Blende an der Rückseite der Frontlinse anzubringen, obwohl eine Blende bei den bekannten 5

Linsensystemen für Endoskope stets vor dem Objektiv angebracht werden mußte. Zusätzlich ermöglicht es die vorliegende Erfindung, Prismen zwischen der konkaven Frontlinse und der Hinterlinsengruppe anzuordnen, da hier ein entsprechender Raum zwischen Frontlinsengruppe und Hinterlinsengruppe im Objektiv vom Typ umgekehrter Teleobjektive vorgesehen ist. Ein Prisma in diesem Raum liefert den Vorteil, daß seine Brechwirkung zur Erzeugung von Parallelstrahlbündeln, die auf die Endfläche des Bildfaserbündels gerichtet sind, wirksam ist. 10

Hierzu 11 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 6

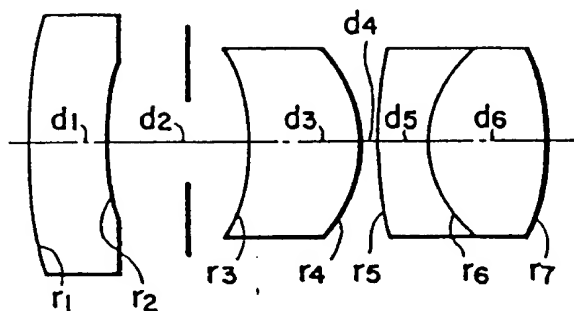


FIG. 5

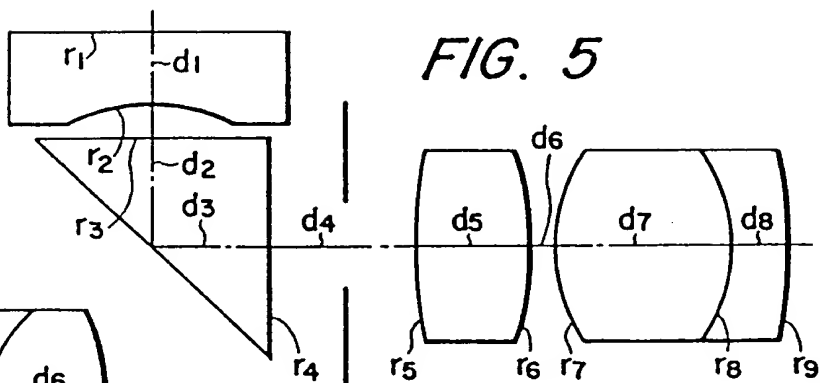


FIG. 7

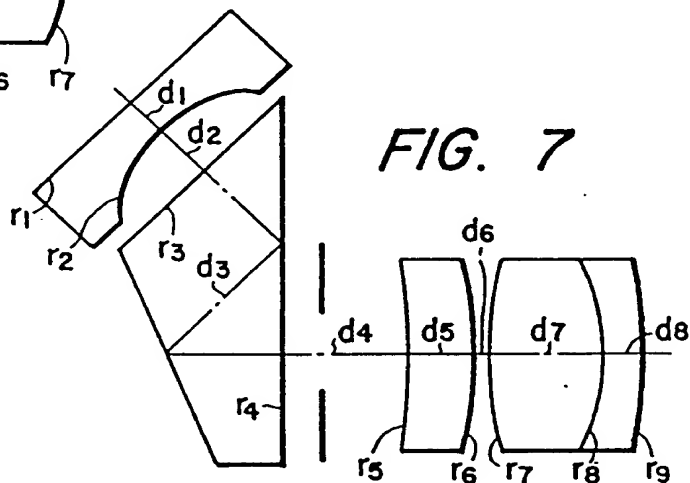


FIG. 8

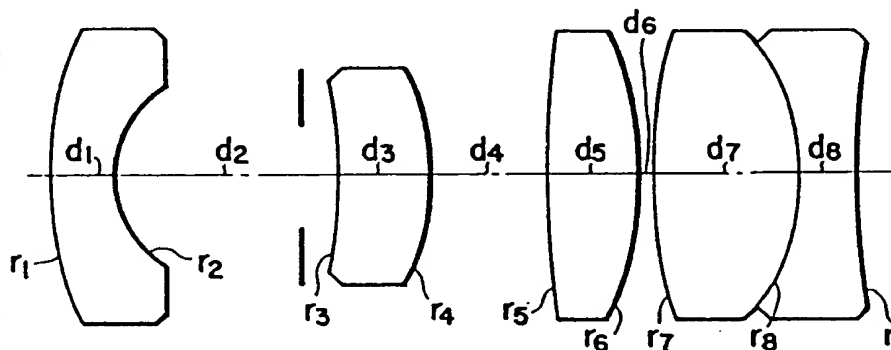


FIG. 9

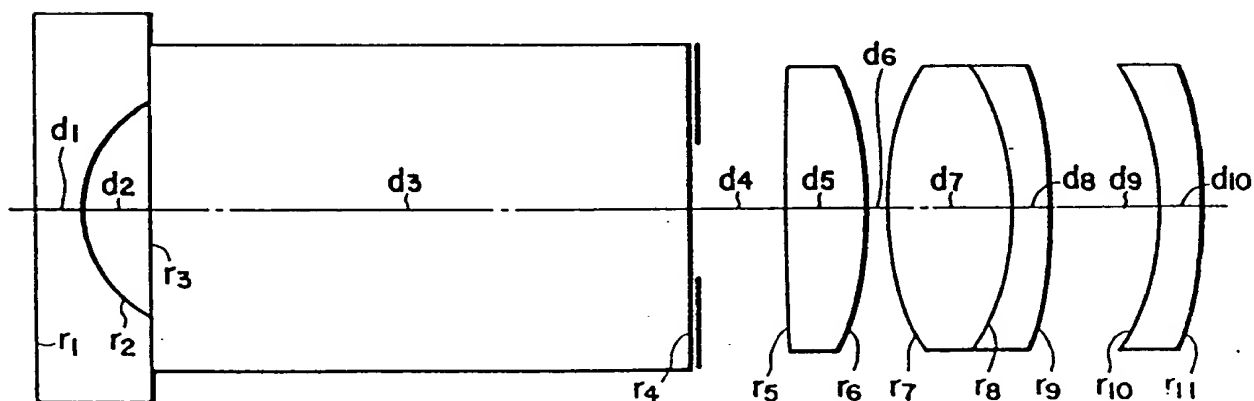


FIG. 10A

sphärische
Aberration

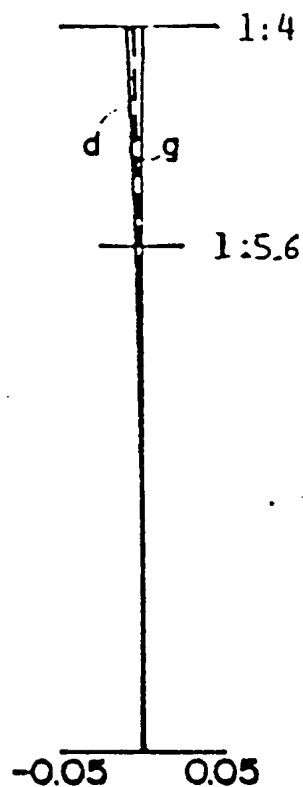


FIG. 10B

Astigmatismus

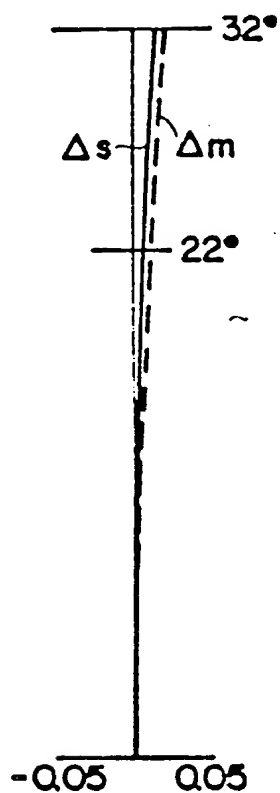


FIG. 10C

chromatische Quer-
aberration

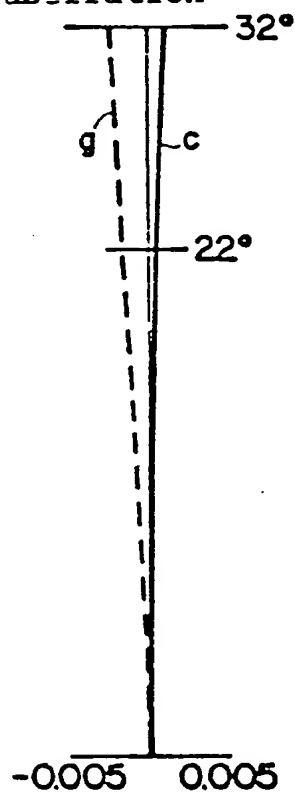


FIG. 10D

Verzeichnung

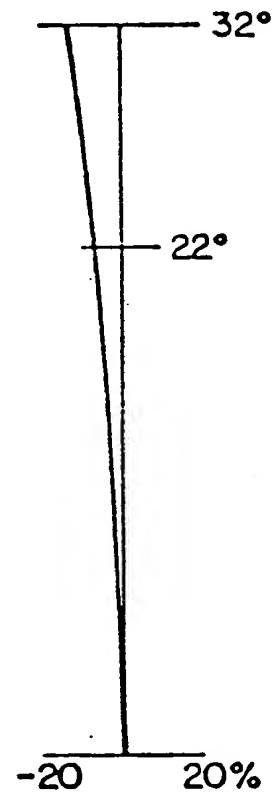


FIG. 10E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

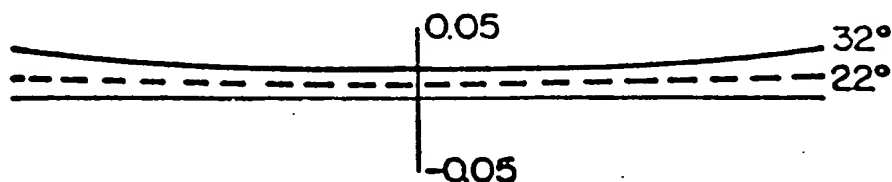


FIG. 11A **FIG. 11B** **FIG. 11C** **FIG. 11D**

sphärische
Aberration

Astigmatismus

chromatische Quer-
aberration

Verzeichnung

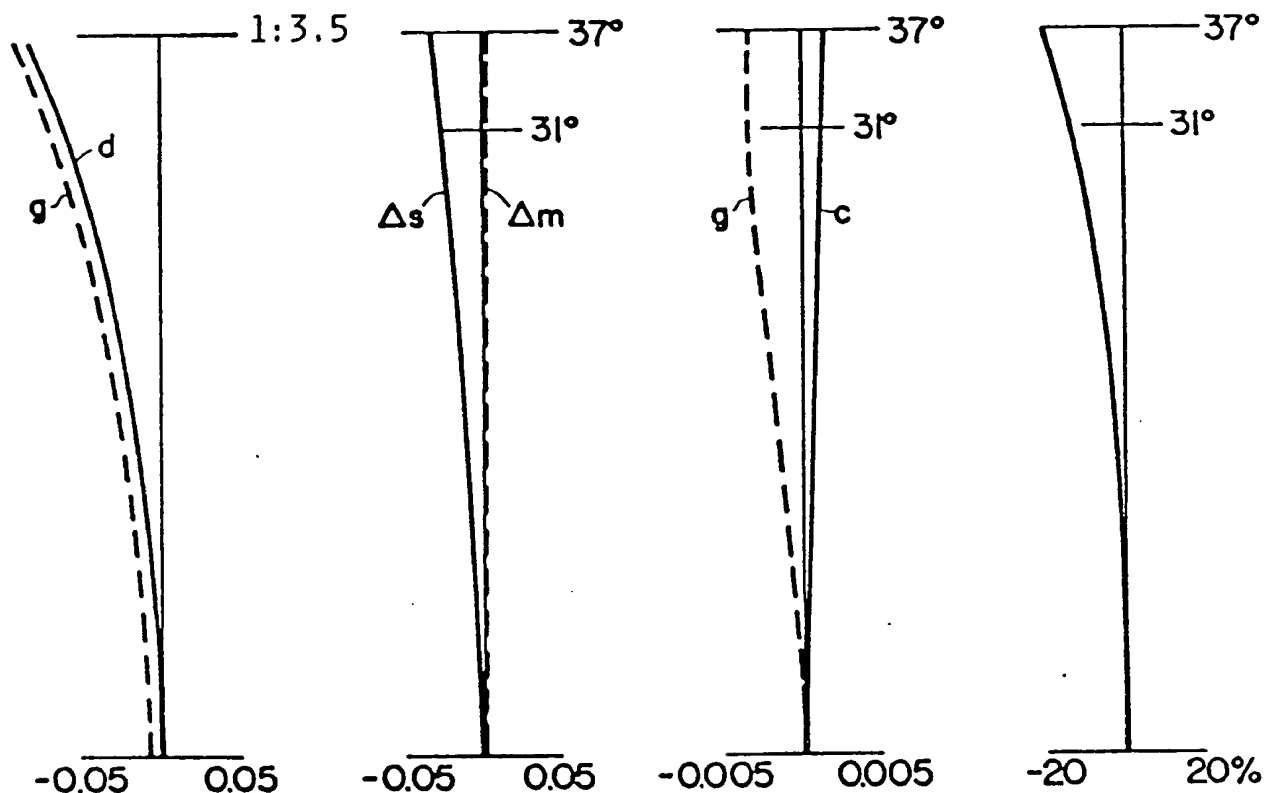


FIG. 11E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

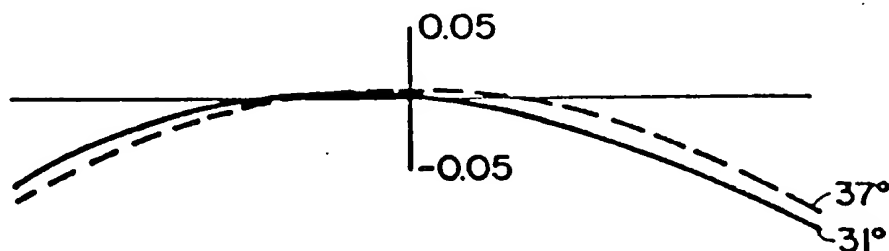


FIG. 12A

sphärische:
Aberration

FIG. 12B

Astigmatismus

FIG. 12C

chromatische Quer-
aberration

FIG. 12D

Verzeichnung

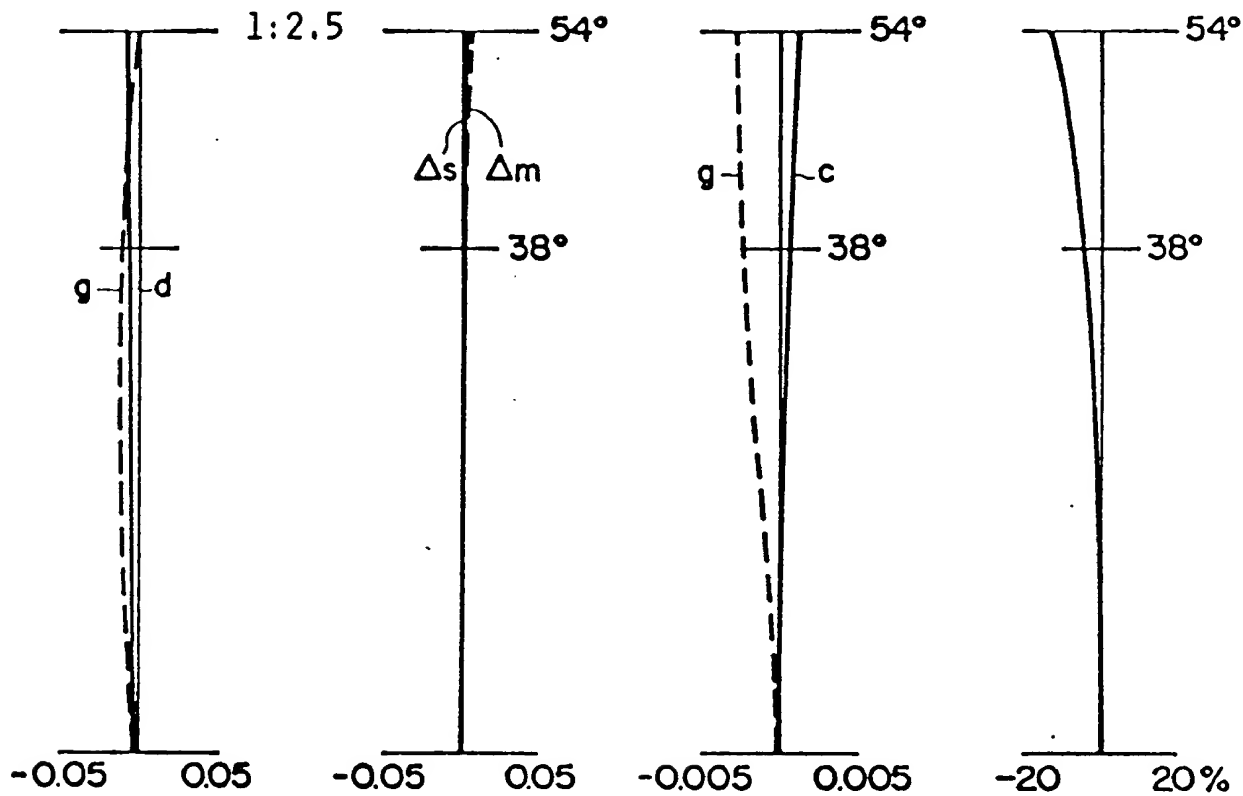


FIG. 12E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

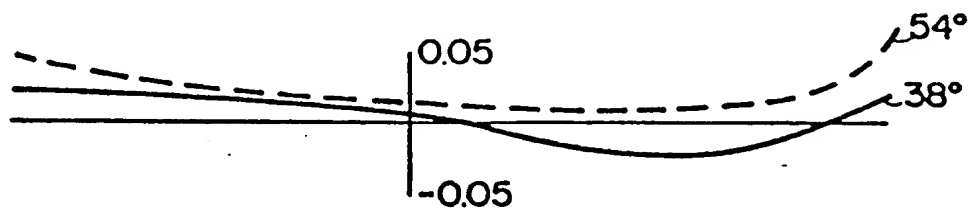


FIG. 13A

FIG. 13B

FIG. 13C

FIG. 13D

sphärische:
Aberration

Astigmatismus

chromatische Quer-
aberration

Verzeichnung

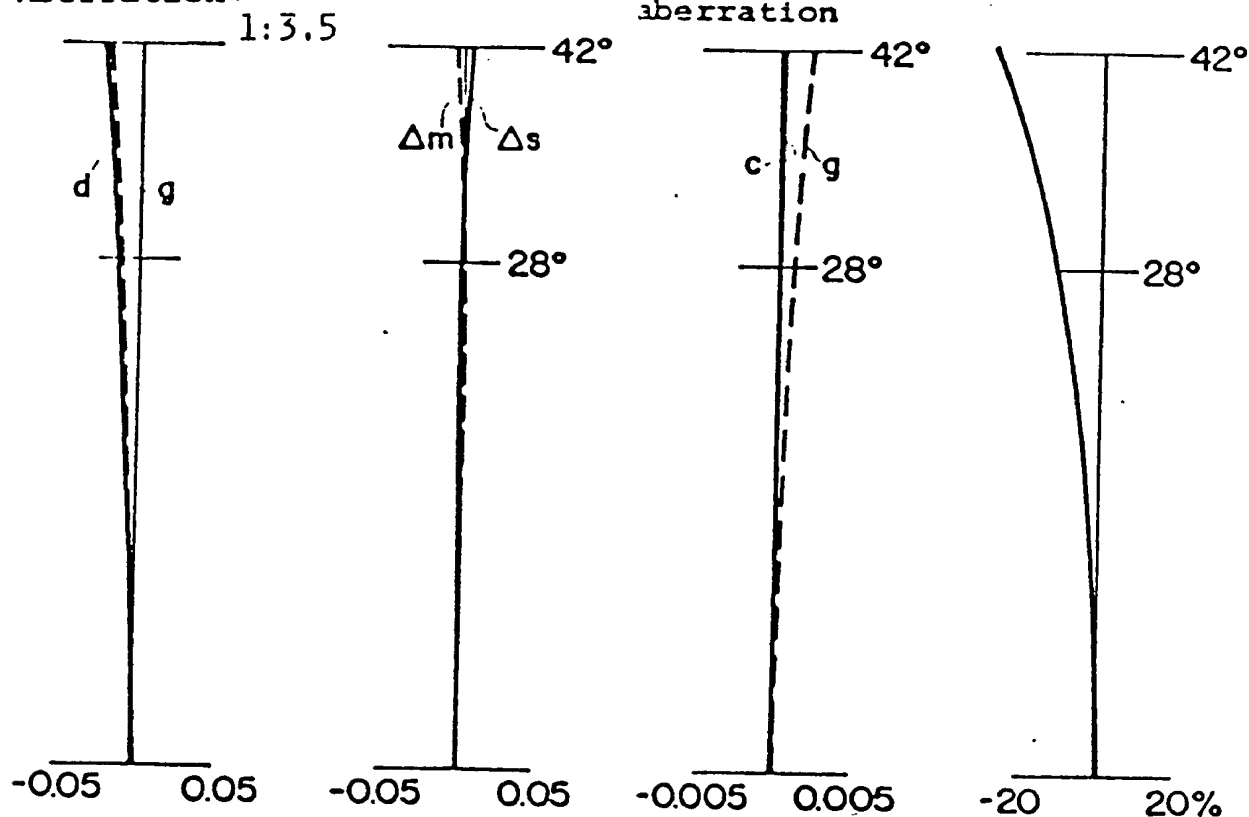


FIG. 13E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

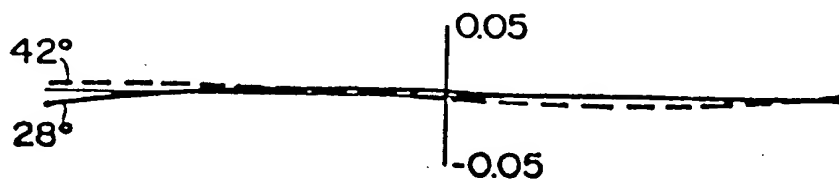


FIG. 14A *FIG. 14B* *FIG. 14C* *FIG. 14D*

sphärische
Aberration

Astigmatismus

chromatische Quer-
aberration

Verzeichnung

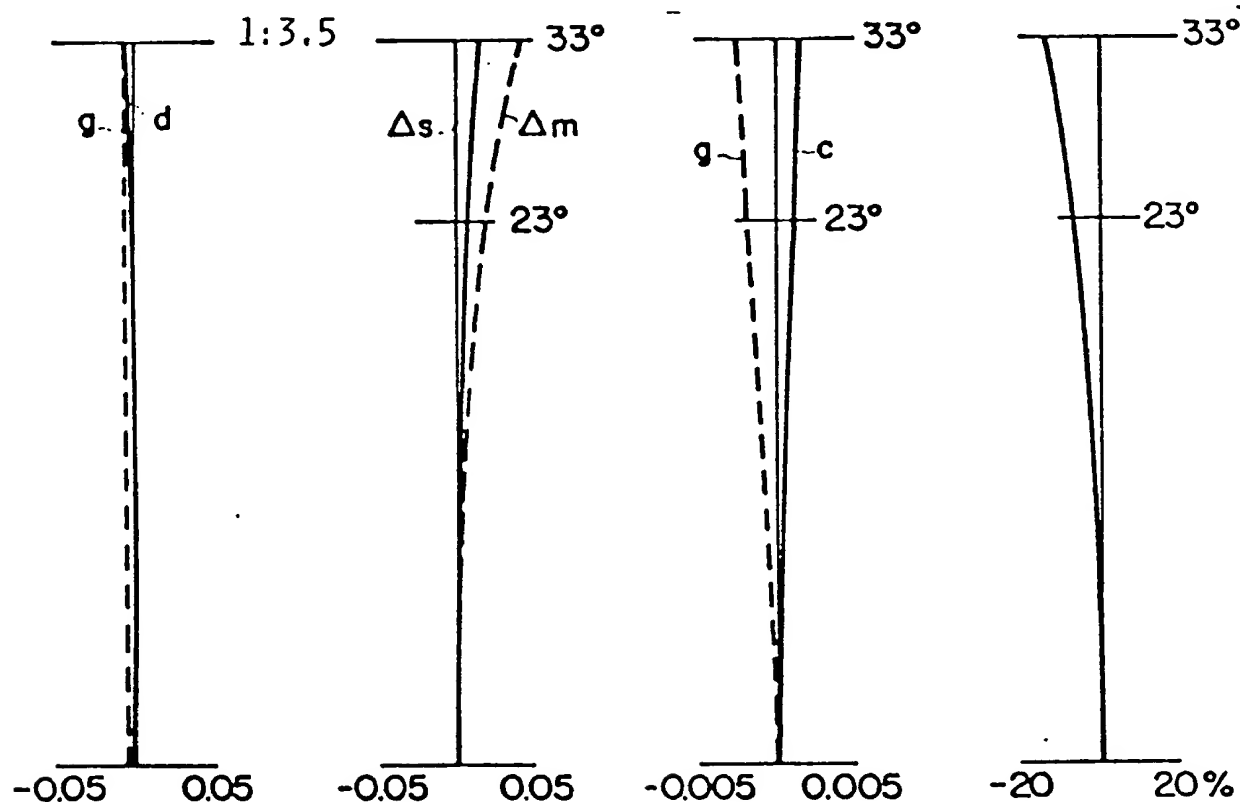


FIG. 14E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

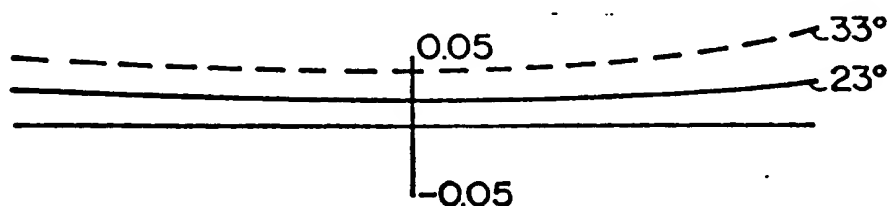


FIG. 15A *FIG. 15B* *FIG. 15C* *FIG. 15D*

sphärische:
Aberration

Astigmatismus

chromatische Quer-
aberration

Verzeichnung

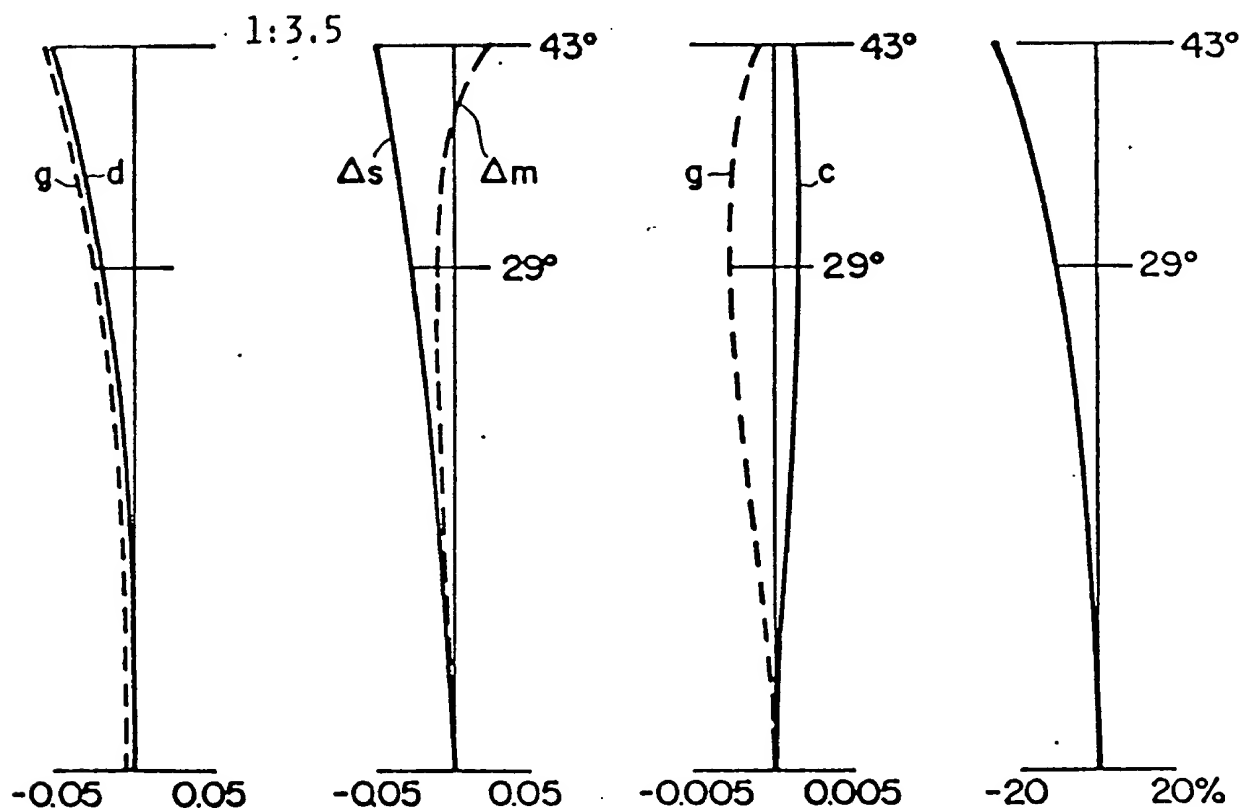


FIG. 15E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

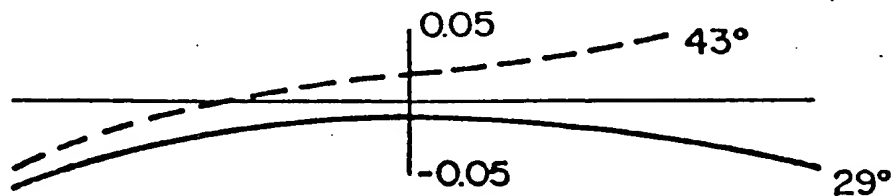


FIG. 16A *FIG. 16B* *FIG. 16C* *FIG. 16D*

sphärische
Aberration

Astigmatismus

chromatische Quer-
aberration

Verzeichnung

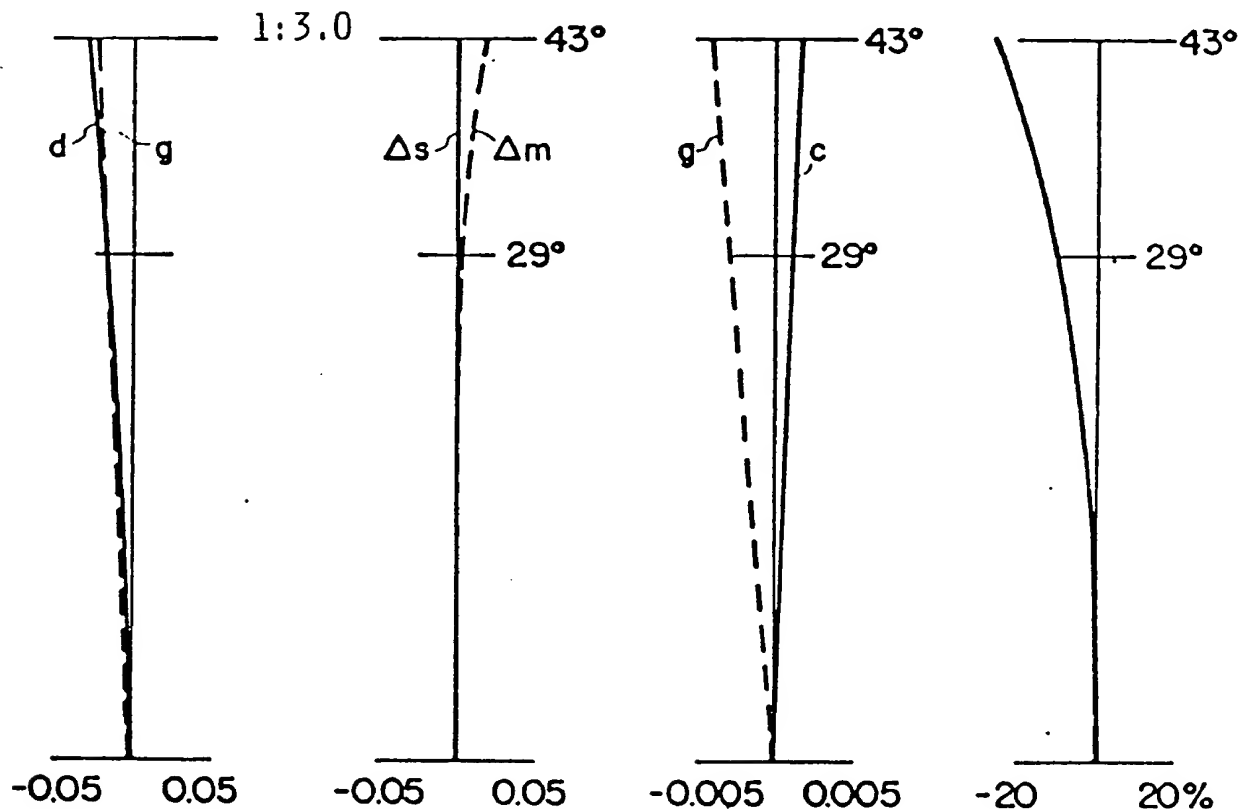


FIG. 16E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

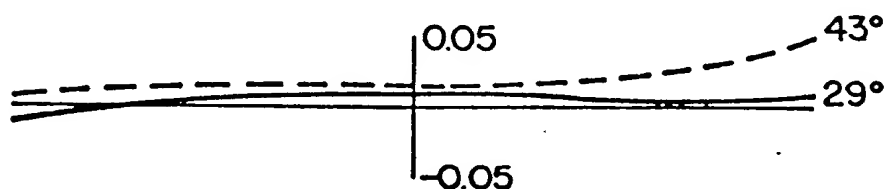


FIG. 17A

sphärische
Aberration

FIG. 17B

Astigmatismus

FIG. 17C

chromatische Quer-
aberration

FIG. 17D

Verzeichnung

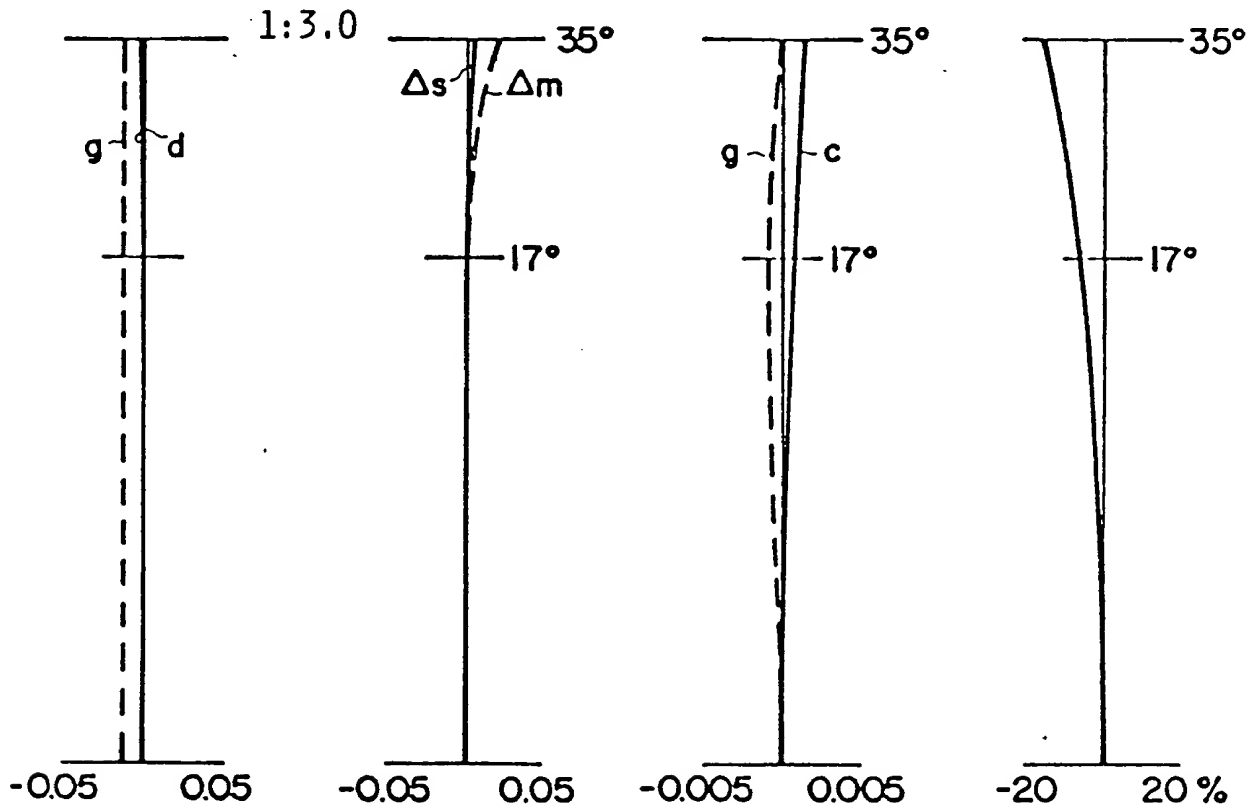


FIG. 17E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

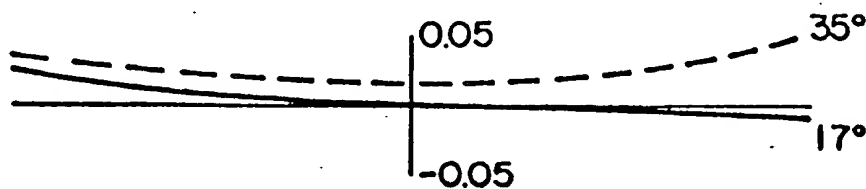


FIG. 18A

sphärische:
Aberration

FIG. 18B

Astigmatismus

FIG. 18C

chromatische Quer-
aberration

FIG. 18D

Verzeichnung

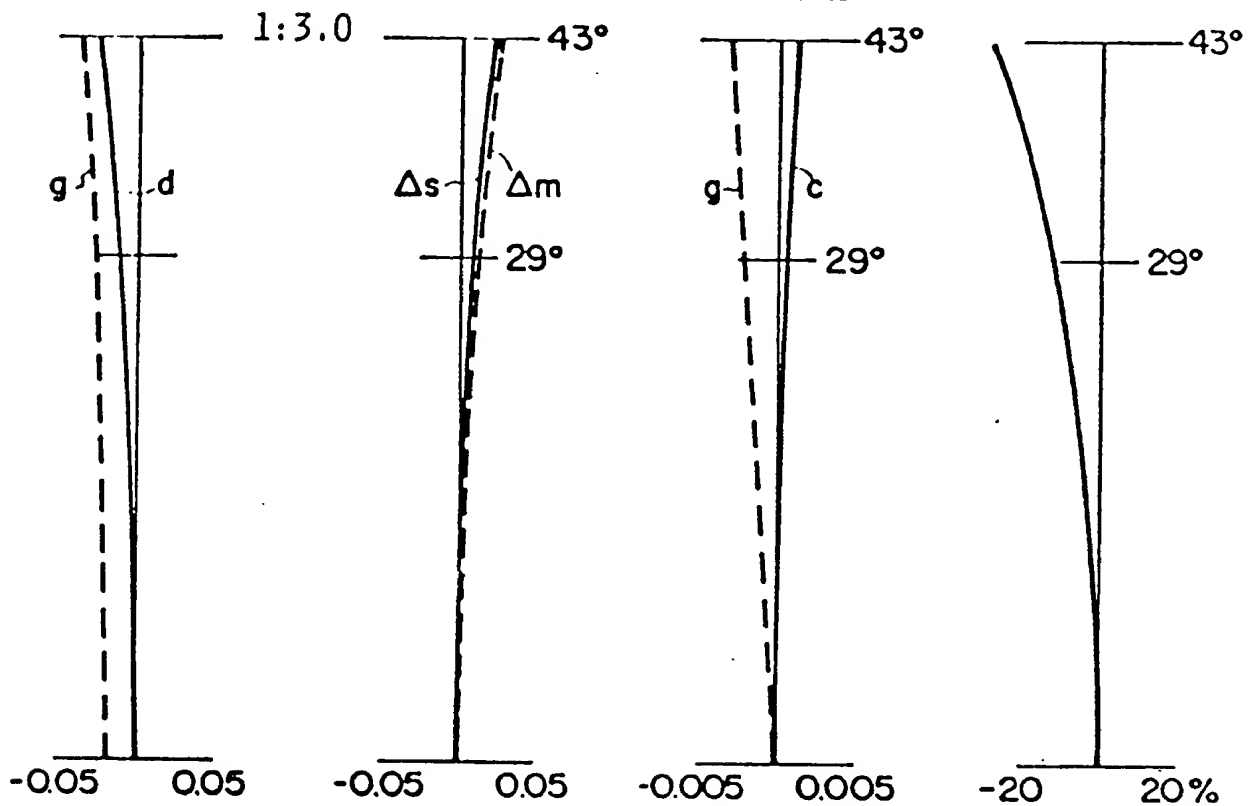


FIG. 18E

außeraxiale sphärische Aberration (meridional)

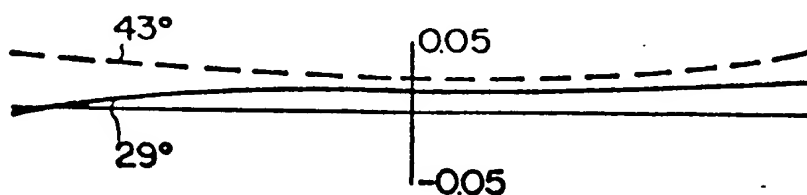


FIG. 1

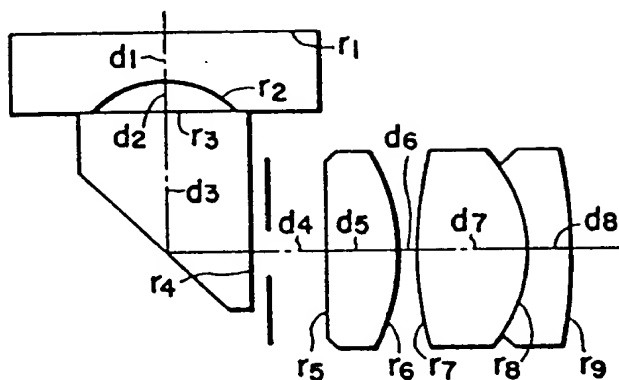


FIG. 2

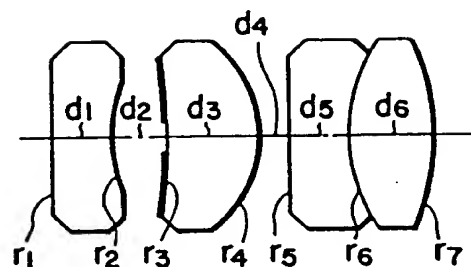


FIG. 3

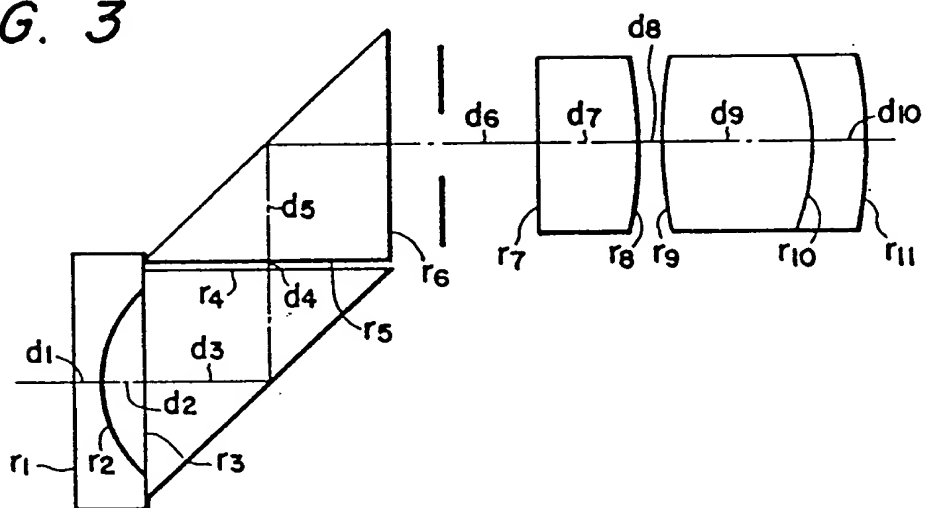


FIG. 4

